

77-34

SCHATTING VAN DE LICHAMELIJKE AKTIVITEIT DOOR MIDDEL VAN KONTINUE REGIS-
TRATIE VAN DE HARTFREQUENTIE.

1977, G.V.O.-projekt Nijmegen

J. Baecke

Begeleiding: R. Binkhorst

W. Saris

F- 316805

INHOUD

	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	3
2. De vraagstelling	8
3. Methoden	9
3.1 De proefopzet	9
3.1.1 Het calibreren	9
3.1.2 De 5-uursmeting	10
3.1.3 De 24-uursmeting	11
3.2 De proefpersonen	11
3.3 Materialen en methoden	12
3.3.1 Het calibreren	12
3.3.2 De 5-uursmeting	13
3.3.3 De 24-uursmeting	15
3.4 De berekeningsmethoden	16
4. Resultaten en discussie	19
4.1 De correlatiecoëfficiënten	19
4.2 De 5-uursmeting versus de 24-uursmeting	20
4.3 De fietsergometer versus tredmolen	21
4.4 Eén relatie versus twee relaties	22
5. Konklusies	23
Samenvatting	25
Literatuurlijst	26
Bijlagen 1 t/m 21a	

INTRODUKTIE

Vroeger werd de volksgezondheid vooral bedreigd door besmettelijke ziekten, voedingsstoornissen en gebreksziekten. Momenteel treden hele andere gevaren voor de volksgezondheid op de voorgrond, zoals hart- en vaatziekten, ongevallen, psychische spanningen, de verontreiniging van het milieu, tandcariës, overmatig gebruik van medicijnen. Deze gevaren zijn begeleidingsverschijnselen van de toegenomen welvaart en de betreffende ziekten worden dan ook wel samengevat onder de term "welvaartsziekten". Een belangrijk kenmerk van deze welvaartsziekten is, dat het menselijk gedrag een grote rol speelt bij het ontstaan ervan. Tegen de vroegere volksziekten heeft de gezondheidszorg effectief kunnen ingrijpen, bijvoorbeeld door de massale toepassing van inentingsprogramma's. Voor het voorkomen van de huidige welvaartsziekten bestaan dergelijke methodes niet. De preventie van dit soort ziekten is veel meer afhankelijk van wat de mensen zelf eraan doen. De verantwoordelijkheid voor de gezondheid komt daarmee veel meer te liggen bij de mensen zelf. Dat is het centrale uitgangspunt voor de gezondheidsvoorlichting en opvoeding (13).

Het onderwijs biedt gunstige mogelijkheden voor een leer- en opvoedingsproces, zoals het G.V.O. dat beoogt. Met deze achtergrond startte in 1972 het G.V.O.-project Nijmegen, waarvan het doel drieledig is, namelijk:

- het ontwikkelen van onderwijspakketten op het gebied van G.V.O. voor kleuter- en basisonderwijs;
- de beantwoording van de vraag of deze onderwijsprogramma's effect hebben op het gedrag en de lichamelijke gezondheidstoestand van de kinderen;
- meer informatie verkrijgen omtrent factoren, die de lichamelijke gezondheidstoestand nadelig beïnvloeden, zodat de programma's hieraan kunnen worden aangepast.

De thema's die gekozen zijn voor het onderwijsleerplan zijn: voeding, tandzorg, lichamelijke activiteit, verkeersveiligheid, veiligheid thuis en op school, persoonlijke gezondheidszorg, gebruik van gezondheidsdiensten en -produkten en milieuhygiëne.

De methodiek van het meten van de lichamelijke aktiviteit zal in dit verslag verder centraal staan. Dit om de evaluatie van de lichamelijke aktiviteit binnen het G.V.O.-projekt trachten te optimaliseren.

1. INLEIDING

Lichamelijke aktiviteit speelt een rol bij de handhaving van een normaal lichaamsgewicht en daardoor wordt de kans op obesitas kleiner. Ook speelt het een rol bij de ontwikkeling van het spierstelsel. Wellicht heeft het een gunstige invloed op de toestand van hart- en vaatstelsel, omdat het de elasticiteit van de vaten in stand houdt, het voortschrijden van coronaire aandoeningen remt en mogelijk het ontstaan van collaterale vaten bevordert (14).

Door het meten van lichamelijke aktiviteit kan in de eerste plaats het effect van het betreffende thema in het G.V.O.-onderwijsprogramma geëvalueerd worden. Bovendien kan wellicht meer inzicht worden verkregen in het effect van de lichamelijke aktiviteit op de gezondheidstoestand, wanneer de mate van lichamelijke aktiviteit gerelateerd wordt aan anthropometrische gegevens, voedselopname, gegevens over vetachtige bestanddelen in het bloed en aan de cardio-respiratoire konditie, zoals dat binnen het G.V.O.-projekt zal gebeuren.

In eerste instantie heeft men binnen het G.V.O.-projekt onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om enquêtes te gebruiken. Dit blijkt echter een vrij grove en subjektieve methode te zijn; maar het is wel wenselijk om deze naast instrumenten te gebruiken (4).

Daarna heeft men geëxperimenteerd met stappentellers en actometers, welke vrij goede methoden blijken te zijn om kinderen te splitsen in aktieve en niet-aktieve.

In een nog later stadium is men gaan experimenteren met het meten van de hartfrequentie als indikator van de lichamelijke aktiviteit. Duidelijk werd, dat alleen registratie van de hartslag niet voldoende was, daar er bij een groot aantal slagen per dag twee mogelijkheden zijn, te weten:

- of het individu is erg aktief geweest bij een goede cardio-respiratoire konditie,
- of het individu heeft een minder goede cardio-respiratoire konditie en een lager aktiviteitenpatroon.

Dus moet er gezocht worden naar andere mogelijkheden.

Een gebruikelijke methode is dan om de relatie tussen de hartfrequentie en het zuurstofverbruik te bepalen bij gestandaardiseerde vormen van inspanning (calibreren), zodat wanneer de gemiddelde hartfrequentie over langere tijd bekend is, dit m.b.v. die relatie uitgedrukt kan worden in hoeveelheden zuurstof oftewel energieverbruik.

De relatie tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik wordt beïnvloed door een aantal factoren, die vooral invloed hebben op de hoogte van de hartslag. Deze factoren kunnen in drie kategoriën worden onderverdeeld (2):

- intra-individuele factoren: cardio-respiratoire konditie, mate van vermoeidheid, tijdstip van de dag, lichaamswaterhoeveelheid, roken en stress;
- inter-individuele factoren: geslacht en leeftijd;
- situationele factoren: omgeving, lichaamshouding, aard van de spieractiviteit, soort actieve spiergroep, opeenvolging van activiteiten en intensiteit van de activiteit.

Vervolgens zullen deze factoren, ook de minder belangrijke, nader worden toegelicht.

De cardio-respiratoire konditie. Wanneer de cardio-respiratoire konditie minder goed is, zal de hartfrequentie hoger zijn bij een bepaalde belasting t.o.v. goed-getrainden (5).

De mate van vermoeidheid. Bij een toename van de vermoeidheid neemt relatief gezien het slagvolume af en dus de hartfrequentie toe, daar $HMV = sv \times hf$ (waarin HMV = hartminuutvolume, sv = slagvolume en hf = hartfrequentie).

Tijdstip van de dag. "Gemiddeld neemt de frequentie iets toe op een dag, waarschijnlijk als gevolg van een verhoging van de lichaamstemperatuur.

De lichaamswaterhoeveelheid. Bij een grotere hoeveelheid lichaamswater is het slagvolume groter en de hartfrequentie lager bij een gelijk hartminuutvolume (HMV).

Roken. Koolmonoxide, wat veel in rook aanwezig is, heeft een grotere affiniteit voor hemoglobine dan zuurstof en dus wordt de zuurstoftransportkapaciteit van het bloed verlaagd. Om nu een bepaalde hoeveelheid zuurstof te transporteren, zal de hartfrequentie hoger zijn bij een gelijk HMV. Dit kan wel oplopen tot 10 - 20 slagen/minuut (3).

Stress. Deze kan aanleiding geven tot een aanzienlijke verhoging van de hartfrequentie (11). Het is vooral belangrijk tijdens rust en submaximale belastingen. Echter weinig belangrijk bij zware inspanning (3).

Geslacht. Bij volwassen vrouwen ligt bij een submaximale belasting van 50 % de gemiddelde hartslag 10 - 15 slagen/minuut hoger dan bij mannen. Het verschil wordt geringer bij maximale inspanning (3).

Leeftijd. De hartslag in rust is bij 10-jarigen ca. 95, bij 20-jarigen ca. 65, wat bij het ouder worden ongeveer constant blijft (15).

De omgeving. De verhoogde lichaamstemperatuur t.g.v. zware langdurige inspanning leidt tot een verhoogde hartfrequentie, welke evident is bij submaximale belasting, in het bijzonder bij de lagere belastingen. De hoeveelheid bloed, die door vasodilatatie, meer naar de huid gaat voor de thermische balans, is relatief groot bij lagere belastingen en uiterst gering bij de maximale belasting. Het effect hiervan bij hoge belasting is $+ 7,5$ slagen per $^{\circ}\text{C}$ rectale temperatuurstijging en bij lage belasting $+ 17,5$ slagen per $^{\circ}\text{C}$ rectale temperatuurstijging (16).

De hoogte heeft ook invloed op de hartslag. Zo is bij een submaximale belasting van 50 % de hartfrequentie op zeeniveau ca. 125 en op 4.000 meter ca. 155, omdat de zuurstofspanning bij toenemende hoogte afneemt en het HMV zal dus groter moeten worden om eenzelfde hoeveelheid zuurstof te transporteren (3).

De lichaamshouding. Wanneer de afstand tussen het laagste steunvlak en het niveau van de derde intercostaalruimte (is niveau waar bloed in het hart stroomt) toeneemt, neemt ook de hydrostatische druk toe, terwijl de veneuze druk gelijk blijft; daardoor wordt de veneuze terugvloeï beperkt. Dit heeft tot gevolg, dat het slagvolume afneemt en dus moet de hartfrequentie toenemen

om het HMV constant te houden (2). Over het algemeen kan gesteld worden dat de hartslag bij zitten ca. 8 % en bij staan ca. 25 % toeneemt t.o.v. liggen (6).

De aard van de spieractiviteit. Bij dynamische spieractiviteit wordt de verneuze pompwerking bevorderd, zodat het bloed beter terugvloeit naar de centrale circulatie. Hierdoor neemt het slagvolume toe en de hartfrequentie af bij een gelijk HMV (2). Bij statische spieractiviteit is het effect omgekeerd (3).

Soort actieve spiergroep. De spieren van de romp en de benen zijn groot en daardoor in staat een sterke verneuze pompwerking te veroorzaken, vooral bij ritmische patronen (1, 2).

Opeenvolging van activiteiten. Wanneer na een actieve periode een rustige periode volgt, dan daalt het zuurstofverbruik vrij snel. De tendens bestaat echter, dat de hartfrequentie minder snel daalt (21).

Intensiteit van de activiteit. Wanneer het zuurstofverbruik stijgt boven 30 - 40 % van het maximale zuurstofverbruik, dan neemt het slagvolume niet meer toe. Hier beneden is dat wel het geval. Dus zal de relatie tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik in beide gebieden iets verschillend zijn (11).

Op het terrein van het meten van de lichamelijke activiteit door continue registratie van de hartslag zijn verschillende onderzoeken gedaan, maar wat betreft metingen gedurende langere tijd is nog vrij weinig bekend. Toch zijn er wel een paar aangrijpingspunten in de literatuur te vinden.

Zo hebben Bradfield e.a. (8, 9) metingen gedaan gedurende een periode van 4 uur. Vooraf werd met zes activiteitsniveaus gecalibreerd, waaronder zitten, staan en loopactiviteiten. Gedurende de 4 uur werd een reeks van activiteiten uitgevoerd steeds met toenemende intensiteit. Het bezwaar van deze opzet is, dat geen dagelijks activiteitenpatroon wordt nagebootst, daar men dan ook te maken heeft met wisselende inspanningsniveaus. Wat wel duidelijk naar voren kwam, was dat de fout veel groter werd, wanneer men gebruik ging maken van groepsregressielijnen in vergelijking met individuele regressielijnen. Men

vergeleek de resultaten van de 4 uur meten met een combinatie respirometer-activiteitenlijst methode, d.w.z. er werd een lijst bijgehouden van de activiteiten met de tijden en op een later tijdstip werd het energieverbruik van de voornaamste activiteiten bepaald.

Spady e.a. (21) gebruikten ook de hartfrequentie om het energieverbruik te schatten bij balansstudies, die men deed bij kinderen (8 - 18 maanden), die herstellende waren van ondervoeding. Gezien de erg jonge leeftijd van de proefpersonen en de geringe lichamelijke activiteit bood dit onderzoek weinig aangrijpingspunten voor dit G.V.O.-onderzoek. Het energieverbruik, wat gemeten werd, werd vergeleken met het energieverbruik wat men m.b.v. uitgebreide balansstudies berekende. De meetperiode was gemiddeld 68 uur.

Onlangs is door Warnold e.a. een studie gepubliceerd, die werd uitgevoerd bij 6 diabetici (22). Gedurende de hospitalisatie, maar ook thuis, werd meerdere dagen de hartfrequentie gemeten. Hieruit werd de gemiddelde frequentie over de gehele dag berekend. Daarnaast werden er regressielijnen ($hf - \dot{V}O_2$) opgesteld, waarbij zowel houdingen als bewegingen betrokken waren. Deze verschillen in houding werden ook gedurende de dag genoteerd. Gekonkludeerd werd dat voor het berekenen van het energieverbruik de houding geen essentiële invloed had. Alhoewel dit op de eerder genoemde theoretische gronden wel verwacht zou worden.

Samenvattend kan gesteld worden, dat wanneer men door kontinu-registratie van de hartfrequentie het energieverbruik wil bepalen, men zeker per individu zal moeten calibreren. De vraag blijft echter nog of dit een voldoende betrouwbare methode is, wanneer men het energieverbruik per dag wil bepalen, daar d.m.v. de calibratie voor een groot deel wel rekening is gehouden met de individuele factoren, maar in veel mindere mate met de situationele factoren.

2. DE VRAAGSTELLING

=====

Wanneer men door continue registratie van de hartfrequentie het energieverbruik wil schatten, zijn de bij het G.V.O.-projekt in aanmerking komende calibratiemethoden (= methoden, die de relatie leggen tussen hartfrequentie en energieverbruik) de volgende:

- een methode, waarbij enkele rusthoudingen (liggen, zitten en staan) en enkele belastingen op de tredmolen gebruikt worden;
- een methode, waarbij dezelfde rusthoudingen en enkele belastingen op de fietsergometer gebruikt worden;
- enkele varianten op beide voorgaande methoden.

Het verschil tussen deze methoden bestaat dus uit verschillen in lichaams-houding* en soort actieve spiergroepen (situationele factoren).

De vraagstelling kan nu als volgt worden geformuleerd: Is het mogelijk om d.m.v. continue registratie van de hartfrequentie en gebruikmakend van de hierboven genoemde calibratiemethoden het energieverbruik te schatten en zo ja, welke calibratiemethode voldoet dan het beste?

* Bij het opstellen van het onderzoeksprotocol waren de gegevens van Warnold e.a. (22) nog niet bekend.

3. METHODEN

=====

3.1 DE PROEFOPZET

De proef bestond uit 3 gedeelten, te weten:

- het bepalen van de relatie tussen hartfrequentie en het zuurstofverbruik (het calibreren);
- het meten van de hartfrequentie met de hartfrequentiemonitor en tegelijkertijd het meten van het zuurstofverbruik bij verschillende activiteiten, die elk 15 à 25 minuten duurden. De totale meetperiode was ca. 5 uur (de 5-uursmeting);
- het meten van de hartfrequentie met de hartfrequentiemonitor gedurende ca. 24 uur, waarbij over dezelfde periode een activiteitenlijst werd bijgehouden en een voedingsanamnese werd afgenomen (de 24-uursmeting).

De proefopzet is ook in een schema weergegeven (zie bijlage 2).

3.1.1 Het calibreren

Het calibreren werd zowel met de tredmolen als met de fietsergometer gedaan. Beide methoden werden niet binnen 2 uur na elkaar gedaan.

's Morgens werd altijd het rustmetabolisme gemeten. Bij deze meting lagen de proefpersonen onder een deken. Vervolgens werd gemeten zittend in een gemakkelijke stoel en daarna staand op de tredmolen. Het zitten en staan werd ook gemeten, omdat het twee houdingen zijn, die in het dagelijks activiteitenpatroon ook veelvuldig voorkomen. Deze 3 metingen in rust werden gevolgd door 3 metingen bij verschillende belasting op de tredmolen. De belasting werd in 2 trappen opgevoerd, welke per individue werden gekozen en wel zo, dat getracht werd om bij de laagste belasting een hartfrequentie van 90 - 100 te krijgen, bij de tweede belasting 115 - 125 en bij de derde belasting een hartfrequentie van 140 - 155. De toename van de belasting bestond steeds uit een toename van de helling bij constante snelheid. Een dergelijke werk-

wijze werd gehanteerd om een zo goed mogelijke verdeling van waarnemingen te krijgen in het gebied waarbinnen ook de meeste dagelijkse inspanningen vallen.

Bij de methode met de fietsergometer werd van eenzelfde opzet gebruik gemaakt. Ook hier werd eerst een meting in rust gedaan en wel zittend op de fietsergometer met de voeten op de pedalen, die in horizontale stand stonden.

In bijlage 3 is het calibreren schematisch voorgesteld.

3.1.2 De 5-uursmeting

Gedurende een totale tijd van ca. 5 uur werd de hartfrequentie geregistreerd, met de hartfrequentiemonitor, en het zuurstofverbruik gemeten.

De hele periode was opgedeeld in 4 blokken van 55 à 80 minuten. De 4 blokken werden zo goed mogelijk verdeeld binnen de periode van 8.30 uur - 17.00 uur. De pauzes tussen 2 blokken varieerden van 15 minuten tot 1½ uur.

Getracht werd om ieder blok zó samen te stellen, dat het representatief was voor een deel van een dagelijks activiteitenpatroon, dus niet dat de intensiteit van de activiteit steeds toenam, maar ook dat de intensiteit zo nu en dan afnam. Ieder blok bevatte 3 of 4 activiteiten van ca. 15 of ca. 20 minuten.

Er is gekozen voor deze indeling in blokken om de proefpersonen niet al te lang in één periode te belasten met het mondstuk.

Het programma bestond uit de volgende soorten activiteiten:

- staande activiteit: de proefpersoon stond terwijl hij verder niets deed, las, schreef of handwerkte;
- zittende activiteit: de proefpersoon zat terwijl hij verder niets deed, las, schreef of handwerkte;

- lopen op de tredmolen: per proefpersoon werden 2 verschillende belastingen gebruikt (resp. tredmolen I en II), afhankelijk van de konditie van de proefpersoon. Het verschil in de twee belastingen bestond uit een verschil in helling en/of snelheid;
- fietsen op de fietsergometer: per proefpersoon werden 2 verschillende belastingen gebruikt (resp. fietsergometer I en II), afhankelijk van de konditie van de proefpersoon;
- vrij fietsen op een gewone fiets: hierbij kon de proefpersoon de snelheid zelf regelen.

De 5-uursmeting werd in het experiment opgenomen, omdat zo uit de hartfrequentie het energieverbruik geschat kon worden door gebruik te maken van de gegevens bij het calibreren en dit vergeleken kon worden met het energieverbruik wat bepaald was door kontinu het zuurstofverbruik te meten (zie bijlage 2). Dit om meer definitieve konklusies te kunnen trekken, want bij de 24-uursmeting is het moeilijker om het exacte energieverbruik te bepalen.

In bijlage 4 is de 5-uursmeting schematisch weergegeven.

3.1.3 De 24-uursmeting

Bij de 5-uursmeting werd 's ochtends de hartfrequentie monitor aangesloten en deze werd de volgende ochtend uitgelezen, zodat ook de hartfrequentie van ca. 24 uur bekend was. Ook dit werd verwerkt m.b.v. de gegevens verkregen door calibratie. Het zo bepaalde energieverbruik werd vergeleken met het energieverbruik wat met de activiteitenlijst/zuurstofmeting werd verkregen (zie bijlage 2). Daarnaast was een vergelijk mogelijk met de energie-opname d.m.v. de voedingsanamnese (zie bijlage 2).

3.2 DE PROEFPERSONEN

Het onderzoek werd uitgevoerd met 13 volwassen proefpersonen.

Daar gedurende vrij lange tijd het zuurstofverbruik werd gemeten m.b.v.

mondstuk en ademklep is dit onderzoek niet uitgevoerd bij kinderen.

De proefpersonen waren alle vrijwilligers, waarvan 1 vrouwelijke en 12 mannelijke. De leeftijd varieerde van 21 tot 28 jaar.

Van de proefpersonen werd gewicht, lengte en de dikte van biceps-, triceps-, subscapula en crista iliaca-huidplooien gemeten. Uit de som van de 4 huidplooien werd m.b.v. de tabel van Durnin (12) het vetpercentage geschat.

Zie voor deze gegevens bijlage 1.

De proefpersonen werd steeds gevraagd om zich niet te veel in te spannen, ca. 2 uur voordat de metingen begonnen (7).

3.3 MATERIAAL EN METHODEN

Bij deze paragraaf zal dezelfde indeling aangehouden worden als bij de paragraaf proefopzet (3.1), te weten: het calibreren, de 5-uursmeting en de 24-uursmeting. Deze indeling is ook terug te vinden in bijlage 2.

3.3.1 Het calibreren

De hartfrequentie

Het E.C.G. werd geregistreerd met een Siemens-cardiostatt (afleiding V5 en papiersnelheid 10 mm/sec.).

Tijdens de laatste 10 seconden van iedere minuut bij de calibratie werd de cardiostatt automatisch in werking gesteld door een daarvoor geschikt gemaakte klok (Uramec).

De hartfrequentie werd berekend via het aantal R-toppen over 6 seconden met een daarvoor bestemde meetlat.

Alleen die hartfrequenties, die geregistreerd werden vlak voor en tijdens het verzamelen van uitademingslucht, werden bij de verdere verwerking betrokken door er per zuurstofmeting het gemiddelde van te berekenen.

De gasanalyse

De uitademingslucht werd in Douglas-zakken verzameld. Bij het rustmetabolisme werd daarmee pas begonnen na 20 minuten rust en bij zitten op de fietsergometer na 10 minuten rust. Bij de andere activiteiten werd na 5 minuten gestart met verzamelen, daar bij volwassenen dan de steady-state bereikt is.

De vultijd werd exact gemeten met een stopwatch.

Het zuurstofgehalte van de uitademingslucht werd gemeten met een Taylor Servomex, type OA 272, welke gebruik maakt van paramagnetische eigenschappen van dit gas. Het zuurstofgehalte werd berekend ten opzichte van 2 ijkconcentraties, die in het werkgebied lagen en nauwkeurig bepaald waren volgens de Scholander-analyse. Gemiddeld werd iedere 2 uur opnieuw geijkt.

Met behulp van een spirometer werd het uitademingsvolume gemeten.

Het zuurstofverbruik is omgerekend naar STPD. Het CO_2 -gehalte werd niet bepaald. De maximale fout in de berekening wordt daardoor $\pm 4\%$ (18). Voor de omrekening van liters O_2 naar k.cal. werd de faktor 4,9 gebruikt.

3.3.2 De 5-uursmeting

De hartfrequentie

De hartfrequentie werd geregistreerd met een hartfrequentiemonitor (20). Deze hartfrequentiemonitor registreert van iedere 2 minuten de gemiddelde hartslag (720 data/24 uur). Na afloop van het experiment kan de monitor worden uitgelezen met een aparte uitlees-unit, die aangesloten kan worden op teletype, ponsmachine en 2-kanalen-rekorder. Door het aansluittijdstip te registreren kan voor elke willekeurige 2 minuten van de dag de gemiddelde hartfrequentie worden teruggezocht.

Per activiteit werd begin- en eindtijd genoteerd. Bij de verwerking kon zo doende per activiteit de gemiddelde hartfrequentie worden berekend. Wanneer

de data binnen de meettijd vielen werden deze met 2 vermenigvuldigd. Bij de data aan begin en einde van de meettijd kon het gebeuren dat deze eigenlijk maar voor de helft meetelden; deze werden dan niet met 2 vermenigvuldigd.

Bovendien werden de hartfrequenties ook ingedeeld in de volgende 11 frequentieniveaus: 30/49, 50/59, 60/69, 70/79, 80/89, 90/99, 100/124, 125/149, 150/176, 177/199 en 200/225. Per niveau werd zo het aantal minuten en het totaal aantal slagen bekend. Hieruit werd dan de gemiddelde hartfrequentie per niveau berekend. Deze indeling in niveaus is gebaseerd op hartslagintegrators, die de hartslagen alleen in 8 niveaus registreren (19). Deze indeling is gehanteerd, omdat:

- deze hartslagintegrators bij het G.V.O.-project gebruikt zullen worden en dus de methode aangepast moet kunnen worden aan deze apparatuur;
- wanneer de relatie tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik niet lineair is over het gehele gebied, kan men niet volstaan met alleen de gemiddelde hartfrequentie over de totale periode.

De gasanalyse

Daar gedurende langere tijd het zuurstofverbruik gemeten diende te worden, werd gebruik gemaakt van een Max-Planck respirometer (kofranimeter). De originele monsterballonnen werden gebruikt. Ook werd van meteorologische ballonnen (merk Talas) gebruik gemaakt; deze waren nl. groter dan de originele en werden gebruikt bij hogere inspanningen en/of gedurende iets langere meettijden. Steeds werden monsters van 0,6 % van de uitademingslucht genomen.

Per activiteit werd begin- en eindstand van de respirometer afgelezen; de vultijd met stopwatch gemeten en de temperatuur van de uitademingslucht afgelezen.

Per activiteit werd een nieuwe monsterballon gebruikt.

Bij 2 activiteiten die direkt op elkaar aansloten, werd van ballon verwisseld

en de stand afgelezen (duur ca. $\frac{1}{2}$ minuut), terwijl de proefpersoon nog door ging met de eerste aktiviteit. Hierbij werd aangenomen, dat gedurende dat tijdsbestek het zuurstofverbruik ($\dot{V}O_2$) even groot was als gedurende de periode daarvoor.

Het zuurstofgehalte van de uitademingslucht werd op dezelfde wijze gemeten als bij de calibratie (zie 3.3.1).

Het zuurstofverbruik is ook hier omgerekend naar STPD.

Bij iedere kofranimeter hoort een korrektiefaktor. Deze is voor het onderzoek gekontroleerd door een vergelijkend onderzoek te doen met de methode, waarbij Douglas zakken gebruikt worden. Beide methoden gaven dezelfde resultaten.

3.3.3 De 24-uursmeting

De hartfrequentie

De hartfrequentie werd op dezelfde wijze geregistreerd, als bij de 5-uursmeting. Ook hier werd de gemiddelde hartfrequentie berekend, maar nu over de gehele aansluitperiode. Bovendien werden de data met de computer ook ingedeeld in de 11 frequentieniveaus (zie 3.3.2 en bijlage 5). Hierbij werd per niveau niet het totaal aantal slagen geteld, maar werd voor de verschillende niveaus het aantal minuten geteld. Voor de verschillende niveaus werden respectievelijk de volgende gemiddelde hartfrequenties aangehouden: 39, 54, 64, 74, 84, 94, 113, 138, 162, 188 en 213.

Dit is naar analogie met de hartslagintegrators, waarbij voor de berekening van de tijd per niveau ook van deze gemiddelden (de laatste 8) wordt uitgegaan. Op deze manier wordt voor de hartfrequentie-integrator dezelfde beperking gecreëerd als voor de hartslagintegrator bestaat.

De activiteitenlijst/zuurstofmeting

Over de gehele periode werd een activiteitenlijst (zie bijlage 6 en 6a) bijgehouden. Hierop moest per 10 minuten worden ingevuld wat de meest voorkomende

aktiviteit geweest was, gebruikmakend van de indeling volgens bijlage 7 (3, 10, 17, 23).

Daar de 5-uursmeting plaatsvond binnen de tijd van de 24-uursmeting, werd voor de berekening van het totale energieverbruik voor deze periode geen gebruik gemaakt van de activiteitenlijst, maar van het gemeten zuurstofverbruik tijdens die periode. Men mag aannemen, dat dit de meest nauwkeurige methode was.

De voedingsanamnese

Er werd gebruik gemaakt van een 24-hours recall methode (zie bijlage 8).

De anamneses werden m.b.v. de U.C.V.-tabel (= uniforme voedingsmiddelen) met de computer verwerkt.

De voedingsanamnese werd opgenomen om te kontroleren of vergelijkbare waarden bereikt werden voor wat betreft de energie-opname en het energieverbruik.

3.4 DE BEREKENINGSMETHODEN

Het energieverbruik tijdens de 5-uursmeting en de 24-uursmeting is met 8 verschillende methoden uit de hartfrequentie berekend. De verschillen bestonden steeds uitgaande van een andere relatie tussen hartfrequentie (hf) en zuurstofverbruik ($\dot{V}O_2$).

Deze 8 methoden konden worden getoetst met de continue zuurstofmeting bij de 5-uursmeting en met de gegevens van de activiteitenlijst/zuurstofmeting bij de 24-uursmeting (zie bijlage 2). Bij de 24-uursmeting kon het geschatte energieverbruik ook vergeleken worden met de energie-opname, daar een voedingsanamnese was afgenomen (zie bijlage 2).

De 8 berekeningsmethoden (zie hiervoor ook bijlage 9) waren:

methode I : opstellen van de regressievergelijking uit de gegevens van de 3 belastingen op de tredmolen, daarna de gemiddelde hartfrequentie

hierin substitueren en dan vermenigvuldigen met de tijd en met 4,9.

methode II : als I maar i.p.v. 3 belastingen op de tredmolen 3 belastingen op de fietsergometer.

methode III : opstellen van de regressievergelijking uit de gegevens van de 3 belastingen op de tredmolen en bovendien liggen, zitten op stoel, zitten op fiets en staan; daarna de gemiddelde hartfrequentie hierin substitueren en dan vermenigvuldigen met de tijd en met 4,9.

methode IV : als III, maar i.p.v. 3 belastingen op de tredmolen 3 belastingen op de fietsergometer.

methode V : alle meetpunten, zowel van het calibreren als van de 5-uursmeting (totaal 25 punten per proefpersoon) werden in een grafiek ($\dot{V}O_2$) uitgezet. Hieruit kon worden afgeleid dat het niet een rechtlijnig verband was, maar dat er een "knik" in de curve zat. Bij die knik werd zo goed mogelijk een grens getrokken per proefpersoon met een afronding, die paste in de indeling van de 11 frequentieniveaus (zie 3.3.2). Voor de tijd die de proefpersoon onder "het knikpunt" had doorgebracht werd voor het energieverbruik een gemiddelde per minuut aangehouden en wel dat van staan, daar dit het gemiddelde van de "rusthoudingen" aardig benaderde. Voor de frequentieniveaus boven de grens werd een lijn getrokken door de 3 meetpunten van de tredmolen en per gemiddelde hardfrequentie van de niveaus het zuurstofverbruik per minuut opgezocht en dat werd per niveau vermenigvuldigd met de tijd en met 4,9. De berekende energieverbruiken per niveau konden daarna weer opgeteld worden.

methode VI : als V maar i.p.v. een lijn door de 3 meetpunten van de tredmolen nu een lijn door de 3 meetpunten van de fietsergometer.

methode VII : als methode V, maar i.p.v. het knikpunt per individu te bepalen werd nu uitgegaan van het gemiddelde knikpunt voor de gehele groep.

Dit knikpunt lag bij een hartfrequentie van 90.

methode VIII: als methode VI, maar i.p.v. het knikpunt per individu te bepalen werd nu uitgegaan van het gemiddelde knikpunt voor de gehele groep. Dit knikpunt lag bij een hartfrequentie van 90.

Bij de methoden I t/m IV werd bij de 5-uursmeting niet alleen over de gehele periode het energieverbruik berekend, maar het werd ook per activiteit berekend.

Zoals blijkt uit de omschrijving en bijlage 9 is bij de methoden V t/m VIII aangenomen dat er van twee verschillende relaties sprake is tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik. In het gebied onder het knikpunt is het zuurstofverbruik nl. konstant gesteld bij verschillende hartfrequenties en boven het knikpunt wordt de relatie opgevat als een lineaire toename van de hartfrequentie bij toenemend zuurstofverbruik.

Het voordeel van methode VII en VIII t.o.v. V en VI is dat wanneer VII en VIII bruikbaar blijken te zijn praktisch veel sneller is uit te voeren. Daar men bij de calibratie met 4 punten zou kunnen volstaan, wanneer men voor een bepaalde categorie een vast knikpunt zou kunnen aannemen.

Bij de methoden V t/m VIII wordt de lijn getrokken door de 3 punten van de tredmolen (resp. fietsergometer) en wordt er geen regressielijn berekend. Dit kan van praktisch belang zijn, daar het een snelle methode is en men de kwaliteit van de meetpunten zelf kan beoordelen.

De t-toets is als toetsingsmethode gebruik (zie bijlage 2).

4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

Alle experimenten zijn uitgevoerd in goed geventileerde ruimten met een temperatuur van 17-22 °C.

De individuele resultaten van het calibreren m.b.v. de volgende activiteiten: liggen (rustmetabolisme), zitten, staan, 3 belastingen op de tredmolen, zitten op de fiets en 3 belastingen op de fietsergometer zijn opgenomen in bijlage 10.

In bijlage 10a staan de volgens methode I t/m IV (zie 3.4) opgestelde regressievergelijkingen.

De individuele meetgegevens van de 5-uursmeting, waarbij de proefpersonen een programma van 15 activiteiten afwerkten (zie bijlage 4) staan in bijlage 11 en 11a.

In bijlage 12 en 13 zijn de hartslagen voor resp. de 5-uursmeting en de 24-uursmeting voor elk individu ingedeeld in de frequentieniveaus. Hierbij moet worden opgemerkt dat er in het gebied 177 - < 225 geen hartslagen meer voorkwamen.

Het energieverbruik per individu volgens de vergelijkingsmethoden (kontinu-zuurstofverbruik meten bij de 5-uursmeting en bij de 24-uursmeting resp. de combinatie activiteitenlijst/zuurstofverbruik en de voedingsanamnese) is in bijlage 14 opgenomen. In bijlage 15 t/m 17 staan de individuele afwijkingpercentages van het energieverbruik volgens de hartslagberekeningsmethoden I t/m VIII (zie 3.4) ten opzichte van de hiervoor genoemde vergelijkingsmethoden.

De resultaten welke betrekking hebben op de toetsing van de methoden I t/m VIII (zie 3.4) voor de groep als geheel staan vermeld in bijlage 18 t/m 20.

4.1 DE CORRELATIECOEFFICIENTEN

Opgemerkt moet worden dat de correlatiecoëfficiënten over het algemeen vrij laag zijn (bijlage 18 t/m 20). Dit kan mede veroorzaakt worden door het feit dat er sprake is van een kleine puntenwolk, daar de energieverbruiken van de

verschillende individuen vrij dicht bij elkaar liggen. Wat betreft methode II komt daar dan nog bij dat er volgens die berekeningsmethode 1 negatieve waarde voor het energieverbruik bij de 24-uursmeting was.

Uit bijlage 20 blijkt dat er praktisch geen correlatie bestaat tussen het berekende energieverbruik en de energie-opname (voedingsanamnese). Alleen wanneer de combinatie activiteitenlijst/ O_2 -meting vergeleken wordt met de energie-opname blijkt er toch wel een correlatie te bestaan, maar de verschillen zijn wel significant. Blijkbaar is het energieverbruik bij de proefpersonen groter geweest dan de energie-opname. Een reden hiervoor zou misschien kunnen zijn, dat het energieverbruik op de experimenteerdag bij de meeste proefpersonen groter is geweest dan normaal t.g.v. de tamelijk inspannende 5-uursperiode (zie ook bijlage 14) en dat de voedselopname hier niet direkt in voldoende mate aangepast wordt.

4.2 DE 5-UURSMETING VERSUS DE 24-UURSMETING

Globaal kan gesteld worden dat de resultaten van de 5-uursmeting (bijlage 18) gunstiger zijn dan van de 24-uursmeting (bijlage 19). Bij de interpretatie hiervan moeten de volgende vier factoren in ogenschouw genomen worden.

In de eerste plaats is het mogelijk dat vele activiteiten gedurende de 5-uursmeting beter overeenstemmen met de activiteiten van het calibreren dan de activiteiten van de 24-uursmeting. Zo werd bij de 5-uursmeting en het calibreren in beide gevallen zowel gebruik gemaakt van de tredmolen als van de fietsergometer. Dit is bij de 24-uursmeting ook wel het geval geweest, maar hier telden deze activiteiten relatief gezien minder zwaar (5 : 24).

Een tweede mogelijkheid is dat de vergelijkingsmethode bij de 5-uursmeting betrouwbaarder is (kontinue O_2 -meting) dan bij de 24-uursmeting.

In de derde plaats moet opgemerkt worden dat de inspanning tijdens de 5-uursmeting zwaarder was dan gedurende de rest van de dag. Dit zou dan kunnen betekenen dat de methode, schatten van het energieverbruik m.b.v. hartfrequentie, beter opgaat bij hogere belastingen.

De vierde faktor die belangrijk is, heeft te maken met de fluctuaties in de intensiteit van de activiteiten.

Bij de 5-uursmeting volgden activiteiten op elkaar, die allen 15 à 20 minuten werden volgehouden. Steeds werd min of meer een steady state bereikt. Bij een dagelijks activiteitenpatroon is van een dergelijke regelmaat echter geen sprake, hier heeft men veel meer te maken met snelle fluctuaties in de activiteiten. Juist de overgang van een hoge belasting naar een lage belasting heeft een overschatting van het energieverbruik tot gevolg, wanneer men bij de berekening uitgaat van de hartfrequentie. Zie hiervoor ook bijlage 21 en 21a, waar van alle activiteiten tijdens de 5-uursmeting het energieverbruik volgens de kontrolemethode vergeleken wordt met de energieverbruiken volgens berekeningsmethode I t/m IV (zie 3.4). Steeds blijkt dat de afwijking groter is wanneer men van een hogere naar een lagere belasting gaat (bijv. in blok 1 van C naar D).

Ook bij blok 1 activiteit A en blok 3 activiteit I is de afwijking groot. Dit zijn rustige activiteiten aan het begin van de ochtend resp. middag. Vaak hadden de proefpersonen dan juist redelijk hard gefietst (dat evenwel was afgeraden, maar dit bleek later uit de gegevens van de hartfrequentie-monitor wel het geval te zijn): hier speelt waarschijnlijk ook een rol, dat men bij 1.A en 3.I stond, wat ook aanleiding kan geven tot een extra overschatting van het energieverbruik i.v.m. het toenemen van de hydrostatische druk. Zie hiervoor ook in bijlage 10 het grote verschil in hartfrequentie bij zitten en staan, terwijl het verschil in zuurstofverbruik vrij gering is. Warnold e.a. (22) stellen dat de lichaamshouding geen essentiële invloed heeft op het schatten van het energieverbruik m.b.v. de hartfrequentie. Uit het voorgaande zou men moeten konkluderen dat er wel sprake is van een redelijke invloed van de lichaamshouding. Hoe groot deze invloed is, is niet te konkluderen uit dit onderzoek, daar er verschillende factoren, die de schatting ook nadelig beïnvloeden (zoals hoge inspanning vlak voor het meten bij rust) bij betrokken zijn.

4.3 DE FIETSERGOMETER VERSUS TREDMOLEN

De methoden waar de fietsergometer bij de calibratie werd gebruikt (II, IV,

VI en VIII) blijken steeds betere schattingen te geven van het werkelijk energieverbruik dan de methoden waar de tredmolen bij de calibratie werd gebruikt (I, III, V en VII). Zie hiervoor bijlage 18 en 19.

De verklaring hiervoor is waarschijnlijk de volgende. Wanneer men het energieverbruik schat m.b.v. de hartfrequentie wordt dit over het algemeen overschat (zie 4.2). Verder blijkt dat in het gebied van de gemiddelde hartfrequentie per dag de berekeningsmethoden m.b.v. de fietsergometer systematisch een lager zuurstofverbruik geven dan de berekeningsmethoden m.b.v. de tredmolen (o.a. te berekenen uit bijlage 10a). Dit laatste betekent nu dat bij methoden met de fietsergometer al gedeeltelijk gecorrigeerd wordt voor deze overschatting t.o.v. de methoden met de tredmolen.

4.4 EEN RELATIE VERSUS TWEE RELATIES (methode I t/m IV versus methode V t/m VIII)

Bij de 5-uursmeting blijken methode V t/m VIII de beste schatting te geven van het energieverbruik (bijlage 18: P en afwijkingspercentage). Zelfs de methoden VII en VIII blijken ongeveer even geschikt als methode V en VI. Opvallend zijn ook de correlatiecoëfficiënten van methode III en IV.

Bij de 24-uursmeting blijken de methoden VI t/m VIII redelijk goed (bijlage 19: P en afwijkingspercentage), alleen zijn de afwijkingpercentages iets hoger. Hier blijken methode VII en VIII beter te zijn dan methode V en VI. Ook de methoden III en IV geven een redelijk resultaat.

Wat bij deze 24-uursmeting verder opvalt is de redelijke correlatie bij de methoden V t/m VIII. Dit betekent dat men individuen in ieder geval goed zou kunnen rangschikken met deze methoden wat betreft hun dagelijkse inspanningen.

5. KONKLUSIES

Het feit dat de hartfrequentie na inspanning langzamer naar een rustwaarde gaat dan het zuurstofverbruik, is waarschijnlijk in hoge mate verantwoordelijk voor het overschatten van het werkelijke energieverbruik (zie 4.2).

De 24-uurs recall voedingsanamnese kan waarschijnlijk niet gebruikt worden als een controlemethode, wanneer het gaat om metingen gedurende slechts 1 dag (zie 4.1).

Daar de verschillen tussen enerzijds regressielijnen tot stand gekomen met belastingen op de tredmolen en anderzijds regressielijnen tot stand gekomen met belastingen op de fietsergometer blijkt wel dat de soort actieve spiergroepen een invloed hebben op de relatie hartfrequentie - zuurstofverbruik (zie 4.3).

De lichaamshouding heeft ook een invloed op de relatie hartfrequentie - zuurstofverbruik, maar de grootte van de invloed op de energieverbruikberekening kon niet worden geschat (zie 4.2).

De resultaten blijken over het algemeen beter te zijn, wanneer men bij de calibratie uitgaat van 2 verschillende relaties, zoals bij methode V t/m VIII het geval is (zie bijlage 9 en 4.4).

Wat de verschillende methoden (zie bijlage 9) betreft, kan het volgende gekonkludeerd worden:

- methode I is zeker niet bruikbaar (zie bijlage 18 en 19);
- methode II lijkt een redelijke methode, maar er kan geen definitieve konklusie getrokken worden, daar er volgens deze methode 1 negatieve waarde voor het energieverbruik bij zit (zie bijlage 19);
- methode III en IV zijn bewerkelijk, maar zeker methode IV leidt tot een redelijk resultaat (zie 4.4);

- methode V en VI, waarbij dus aangenomen wordt dat er sprake is van 2 verschillende relaties tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik lijken goed bruikbaar om individuen te rangschikken qua energieverbruik (zie 4.4). Een nadeel is dat deze methoden in deze vorm erg bewerkelijk zijn;
- methode VII en VIII blijken ongeveer even goed te zijn als V en VI (zie 4.4). Deze methoden hebben het voordeel dat ze veel minder bewerkelijk zijn. Doordat men ook in de praktijk uit zou kunnen gaan van een gemiddeld knikpunt voor een bepaalde categorie (zie 3.4).

SAMENVATTING

=====

Enkele mogelijkheden zijn bestudeerd bij 13 jonge volwassenen om met behulp van de hartfrequentiemonitor het energieverbruik te voorspellen.

Per individu werd vooraf gecalibreerd (= is het leggen van de relatie tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik) door metingen te doen bij rust en enkele belastingen zowel op de tredmolen als op de fietsergometer.

Gedurende een totale tijd van ca. 5 uur werd per individu de hartfrequentie en het zuurstofverbruik, als controle, gemeten. Bovendien werd gedurende 24 uur de hartfrequentie gemeten, waarbij een combinatie van activiteitenlijst/zuurstofmeting en een voedingsanamnese als controle fungeerden.

De voedingsanamnese als controle gedurende 1 dag voldeed niet.

De soort actieve spiergroepen en de lichaamshouding, waarschijnlijk in mindere mate, blijken van invloed te zijn op de relatie hartfrequentie - zuurstofverbruik.

Meestal werd het energieverbruik overschat. Hier is vermoedelijk het langzamere terugkomen van de hartfrequentie na inspanning t.o.v. het zuurstofverbruik in hoge mate en de soort van activiteit tijdens het calibreren in mindere mate voor verantwoordelijk.

Ook bleek dat bij deze proefpersonen een betere schatting van het energieverbruik gemaakt kon worden door de fietsergometer bij de calibratie te betrekken i.p.v. de tredmolen.

Tevens kwam in dit onderzoek naar voren dat wanneer uitgegaan werd van twee relaties tussen hartfrequentie en zuurstofverbruik (nl. 1 relatie voor de meer rustige activiteiten en 1 relatie voor de intensievere activiteiten) over het algemeen betere resultaten bereikt werden dan wanneer van één relatie uitgegaan werd voor alle activiteiten.

LITERATUURLIJST

=====

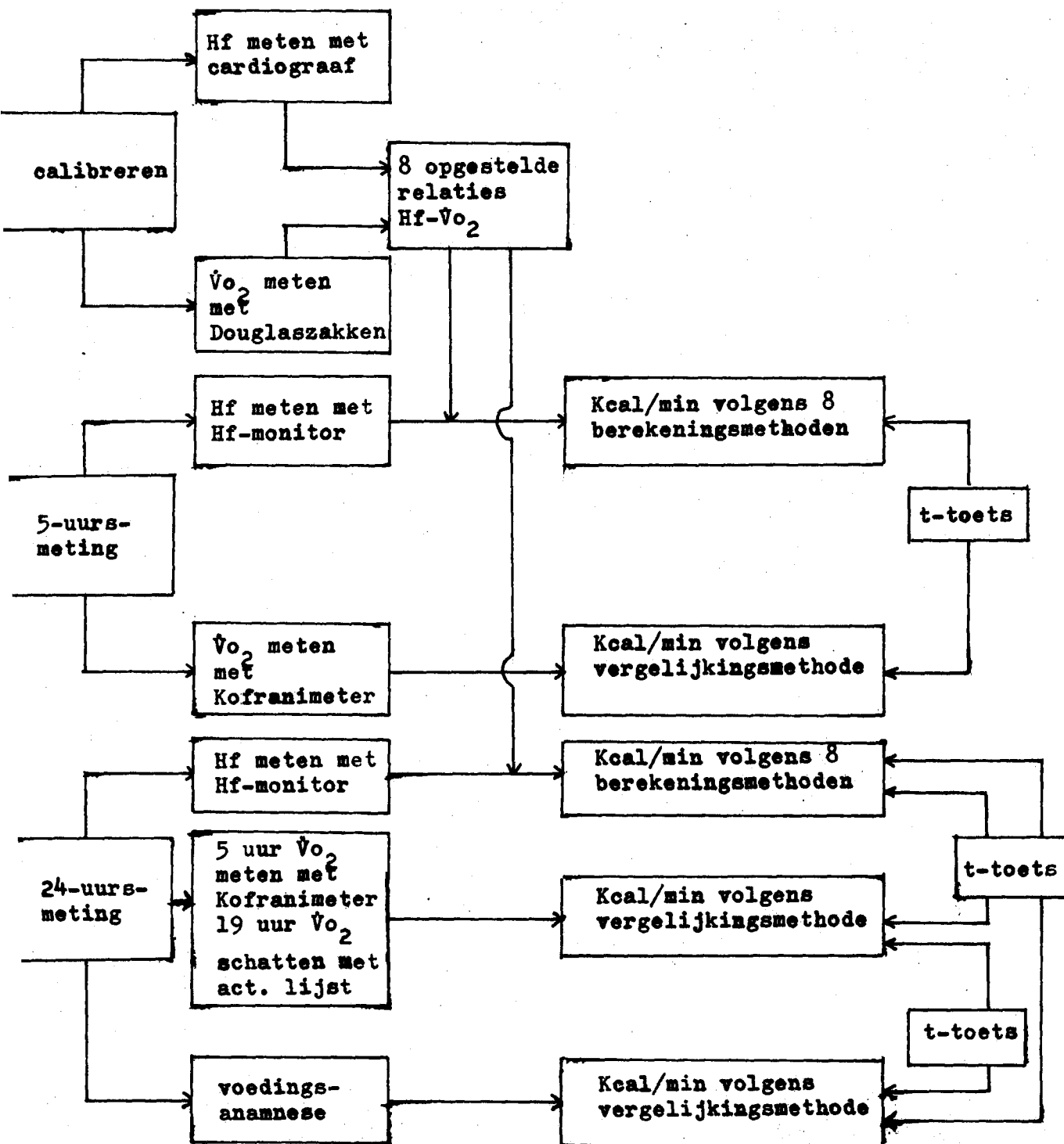
1. Andrews, R.B.
Estimation of values of energy expenditure rate from observed values of heart rate
Human factors 9 (1967): 581 - 586.
2. Andrews, R.B.
Net heart rate as a substitute for respiratory calorimetry
Am. J. Clin. Nutr. 24 (1971): 1139 - 1147.
3. Åstrand, P.O. and Rodahl, K.
Textbook of Work Physiology
McGraw-Hill, 1970.
4. Cramwinckel, A.B. en Saris, W.H.M.
Het bepalen van de lichamelijke aktiviteit bij kinderen van 4 - 12 jaar
G.V.O.-projekt Nijmegen, verslag 1e halfjaar (1973) C20 - C21.
5. Berg, K.
Heart rate telemetry for evaluation of energy expenditure of children with cerebral palsy
Am. J. Clin. Nutr. 24 (1971): 1438.
6. Binkhorst, R.A.
Invloed van lichaamshouding op de hartslag
Niet gepubliceerd, Nijmegen.
7. Bradfield, R.B.
A technique for determination of usual daily energy expenditure in the field
Am. J. Clin. Nutr. 24 (1971): 1148 - 1155.
8. Bradfield, R.B. e.a.
Simultaneous comparison of respirometer and heart-rate telemetry techniques as measures of human energy expenditure
Am. J. Clin. Nutr. 22 (1969): 696 - 700.

9. Bradfield, R.B. e.a.
Errors of group regression for prediction of individual energy expenditure
Am. J. Clin. Nutr. 23 (1970): 1015 - 1016.
10. Bronsgeest-Schoute, H.C. en Saris, W.H.M.
Lichamelijke energiebesteding
G.V.O.-projekt Nijmegen, verslag 2e halfjaar (1973), III36 - III52.
11. Burger, G.C.E.
Heart rate and the concept of circulatory load
Ergonomics 12 (1969): 857 - 864.
12. Durnin, J.V.G.A. and Womersley, J.
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness
Brit. J. Nutr. 32 (1974): 77.
13. Gezondheidsvoorlichting en -opvoeding in kleuter- en basisonderwijs.
Doel en werkwijze van het G.V.O.-projekt Nijmegen
Brochure Nijmegen 1977.
14. Koning, F.L.H.A. de, e.a.
Enkele fysiologische parameters bij 4 - 6 jarige kinderen tijdens stapsgewijs-
opgevoerde belasting op de tredmolen ter schatting van het lichamelijke pres-
tatievermogen
Nijmegen, 1975.
15. Monod, H.
La validité des mesures de fréquence cardiaque en Ergonomie
Ergonomics 10 (1967): 485 - 537.
16. Monstardi, R. and Kubica, R.
The effect of increased body temperature due to exercise on the heart rate
and on the maximal aerobic power
Europ. J. Appl. Physiol. 33 (1974): 237 - 245.

17. Passmore, R. and Durnin, J.V.G.A.
Energy, work and leisure
Heinemann Educational Books Ltd, London, 1967.
18. Passmore, R. and Robson, J.S.
A companion to medical studies
Volume 1, London, 1973.
19. Saris, W.H.M., e.a.
A portable heart rate distribution recorder for studying daily physical activity
Eur. J. Appl. Physiol. 36 (1977), 17 - 25.
20. Saris, W.H.M., e.a.
A portable miniature solid state heart rate recorder for monitoring daily physical activity
Biotelemetry, 1977, in druk.
21. Spady, D.W., e.a.
Energy balance during recovery from malnutrition
Am. J. Clin. Nutr. 29 (1976), 1073 - 1088.
22. Warnold, I. and Arvidsson Lenner, R.
Evaluation of the heart rate method to determine the daily energy expenditure in disease
A study in juvenile diabetics.
Am. J. Clin. Nutr. 30 (1977), 304 - 315.
23. Wijn, J.F. de en Staveren, W.A. van
De voeding van elke dag
Haarlem, 1973.

Algemene gegevens van de proefpersonen.

proef- persoon	geslacht	leeftijd (jaren)	lengte (cm)	gewicht (kg)	vet %
1	m	23	177,3	62,0	8,1
2	m	22	184,8	80,1	11,0
3	v	21	171,0	56,1	22,5
4	m	23	179,0	77,0	14,8
5	m	24	170,5	74,0	18,6
6	m	26	176,0	66,5	9,4
7	m	24	179,5	67,5	11,7
8	m	24	192,0	88,0	9,3
9	m	26	168,9	73,0	17,8
10	m	24	178,8	75,0	12,0
11	m	27	184,5	79,8	16,6
12	m	28	183,3	66,8	8,2
13	m	23	179,5	74,5	14,8
gemiddeld		24,2	178,9	72,3	13,4
SD		$\pm 2,0$	$\pm 6,5$	$\pm 8,4$	$\pm 4,5$

PROEFOPZET.

Het calibreren schematisch voorgesteld.

Activiteit	Kloktijd (min.) van - tot	Vultijd* (min.) van - tot
rustmetabolisme (liggend)	0 - 30	20 - 30
zitten	31 - 46	36 - 46
staan	46 - 61	51 - 61
tredmolen I	61 - 71	66 - 71
tredmolen II	71 - 79	76 - 79
tredmolen III	79 - 86	84 - 86
zitten op fietsergometer	0 - 15	5 - 15
fietsergometer I	15 - 25	20 - 25
fietsergometer II	25 - 33	30 - 33
fietsergometer III	33 - 40	38 - 40

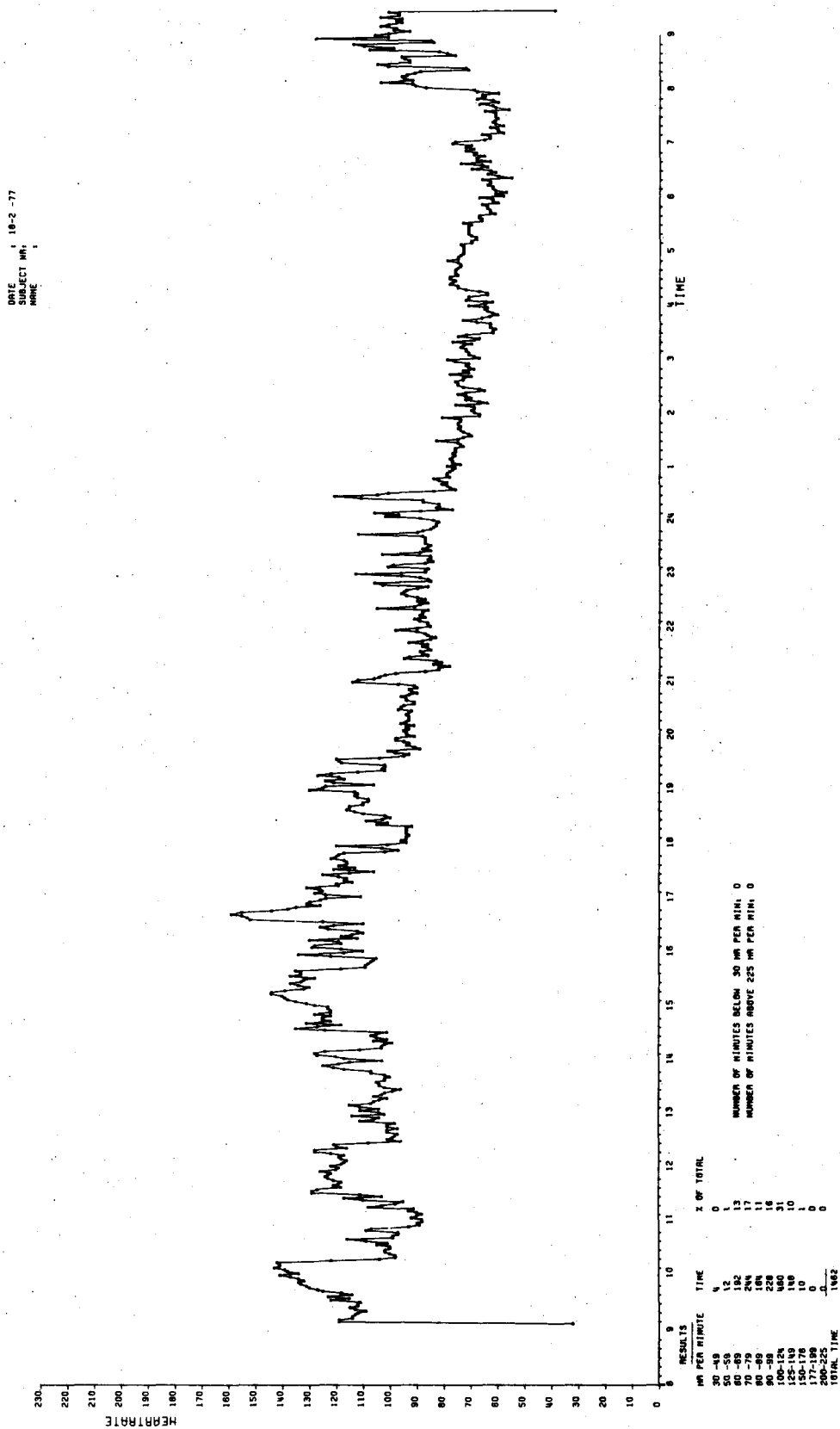
* vultijd is de tijd dat er uitademingslucht werd opgevangen.

De 5-uursmeting schematisch voorgesteld

Blok	Kode	Activiteit	Kloktijd* (min.) van - tot	
1	A	staande activiteit	0	20
	B	tredmolen II	20	35
	C	fietsergometer I	35	50
	D	zittende activiteit	50	70
2	E	zittende activiteit	0	20
	F	vrij fietsen	20	40
	G	tredmolen I	40	55
	H	staande activiteit	55	75
3	I	staande activiteit	0	20
	J	tredmolen II	20	40
	K	vrij fietsen	40	60
	L	zittende activiteit	60	80
4	M	zittende activiteit	0	20
	N	fietsergometer II	20	40
	O	tredmolen I	40	55

* deze tijden zijn richttijden.

24-uurs hartfrequentieplot en een verdeling van de tijd over de 11 frequentieniveaus.



LICHAAMELIJKE AKTIVITEIT G.V.O. PROJECT NIJMEGEN

0 slapen 4 aankleden 7 zware lichamelijke activiteit

naam:

1 liggen wassen

2 zitten 5 eten

3 staan 6 lopen/fietsen

17 uur	20 uur	23 uur	8 uur
00-10	00-10	00-10	00-10
10-20	10-20	10-20	10-20
20-30	20-30	20-30	20-30
30-40	30-40	30-40	30-40
40-50	40-50	40-50	40-50
50-60	50-60	50-60	50-60

18 uur	21 uur	24 uur	9 uur
00-10	00-10	00-10	00-10
10-20	10-20	10-20	10-20
20-30	20-30	20-30	20-30
30-40	30-40	30-40	30-40
40-50	40-50	40-50	40-50
50-60	50-60	50-60	50-60

19 uur	22 uur	7 uur
00-10	00-10	00-10
10-20	10-20	10-20
20-30	20-30	20-30
30-40	30-40	30-40
40-50	40-50	40-50
50-60	50-60	50-60

Het energieverbruik (kcal./10 min.) per activiteit.

Kode	Activiteit	Kcal./10 min.
0	slapen	} gemiddelde van energie- verbruik gemeten bij rust- metabolisme en zitten (zie 3.1.1)
1	liggen	
2	zitten	
3	staan	18
4	aankleden/wassen	23
5	eten	13
6	lopen/fietsen	45
7	zware lichamelijke activiteit	76

G.V.O.-PROJECT NIJMEGEN

24-hour recall

NAAM:.....

Volgnummer:.....

Adres:.....

Plaats:.....

Geboortedatum:.....

man/vrouw.

Onderzoeksdatum:.....

Tijd:

Ontbijt:

In de pauze:

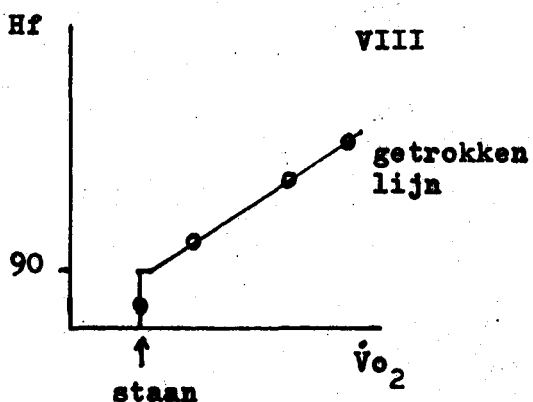
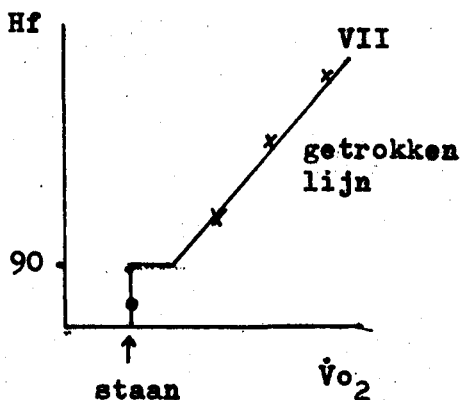
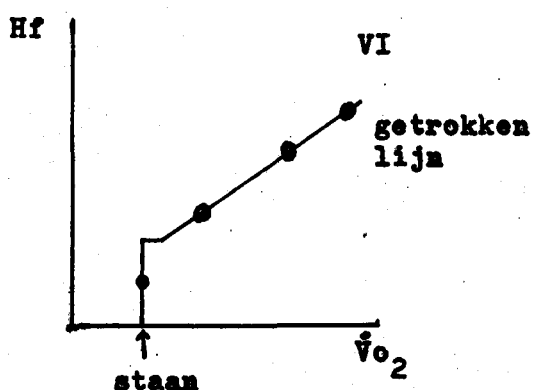
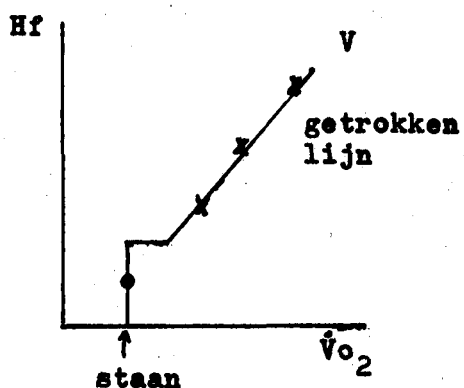
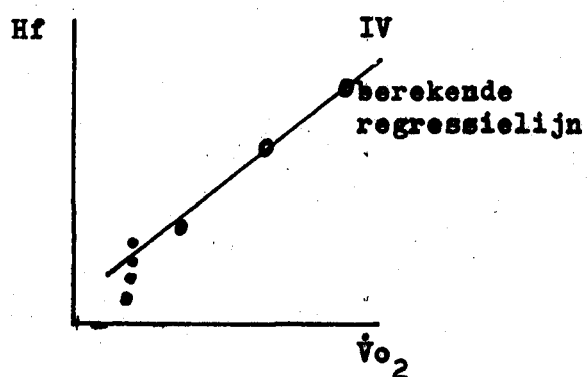
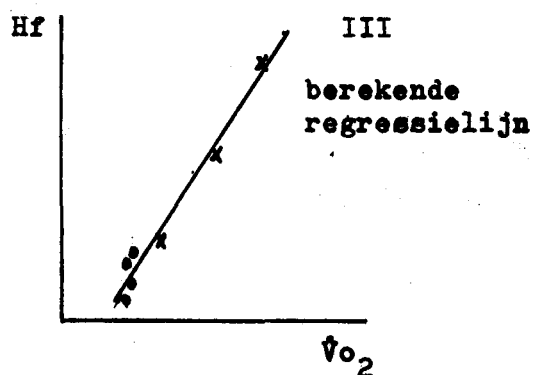
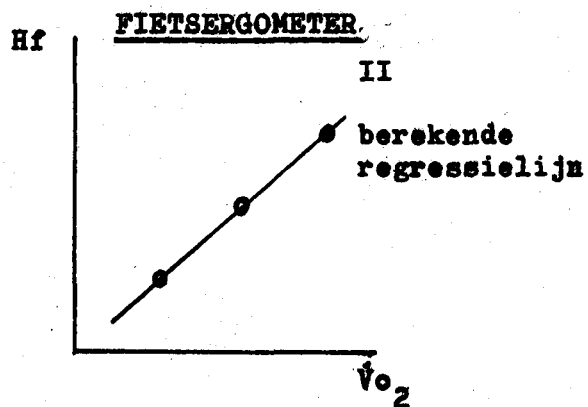
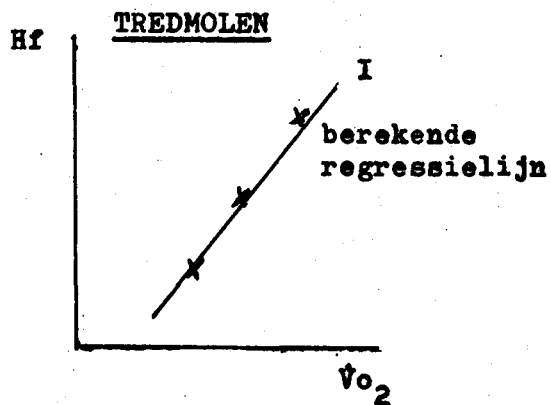
Middagmaaltijd:

In de pauze:

Avondmaaltijd:

Na de maaltijd:

Vóór het naar bed gaan:



x tredmolen
o fietsergometer
• rustwaarden (lig, zit op stoel,
zit op fiets, sta)

Resultaten calibreren. $\dot{V}f$ (min.⁻¹) en $\dot{V}o_2$ (L/min.).

a		b	c	d	eI	eII	eIII	f	gI	gII	gIII
1	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	68,5 0,30	70,2 0,28	79,4 0,32	102,8 1,07	123,0 1,31	147,5 1,74	80,6 0,36	126,0 1,38	157,5 2,04	164,0 2,12
2	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	56,0 0,33	58,6 0,31	67,6 0,33	88,3 1,23	105,0 1,67	128,0 2,30	65,9 0,38	99,0 1,56	119,0 2,11	135,0 2,59
3	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	71,4 0,21	67,4 0,23	79,3 0,23	104,3 0,75	131,0 1,04	155,0 1,32	90,7 0,24	145,3 1,26	158,7 1,48	171,0 1,67
4	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	60,1 0,24	61,9 0,30	70,6 0,29	96,3 1,19	120,5 1,75	147,5 2,36	80,1 0,35	113,3 1,50	134,5 2,03	148,7 2,45
5	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	73,1 0,29	72,3 0,28	84,0 0,32	105,0 0,97	123,7 1,37	138,7 1,93	88,4 0,33	133,6 1,49	152,0 1,83	160,7 1,95
6	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	61,6 0,24	58,9 0,27	69,1 0,28	87,0 1,09	104,0 1,46	129,3 1,93	73,4 0,35	104,5 1,36	126,0 1,78	140,7 2,05
7	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	60,0 0,24	60,3 0,27	74,9 0,29	87,6 0,99	107,3 1,36	126,7 1,74	78,0 0,30	110,2 1,24	128,7 1,61	142,7 1,81
8	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	61,3 0,32	59,3 0,30	86,4 0,31	94,4 1,33	114,0 1,82	135,3 2,50	76,3 0,43	113,2 1,63	117,3 1,93	126,3 2,27
9	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	52,8 0,23	58,6 0,25	67,4 0,34	92,8 1,08	108,3 1,52	134,3 2,10	63,7 0,28	102,4 1,15	116,7 1,43	131,7 1,75
0	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	66,3 0,30	68,1 0,32	70,6 0,33	94,4 1,24	114,0 1,61	131,7 2,07	87,5 0,38	106,8 1,16	120,3 1,55	129,7 1,92
1	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	68,6 0,25	69,3 0,27	84,7 0,32	99,8 1,16	114,3 1,56	134,3 2,05	90,7 0,31	103,4 1,18	120,7 1,56	129,7 1,86
2	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	51,6 0,24	53,8 0,23	57,4 0,27	78,4 1,16	91,3 1,46	126,7 2,12	57,1 0,31	89,6 1,26	107,3 1,62	123,0 1,97
3	$\dot{V}f$ $\dot{V}o_2$	68,4 0,29	70,7 0,29	82,2 0,34	94,8 1,07	108,0 1,37	128,7 1,81	86,6 0,40	107,4 1,20	123,3 1,55	140,0 1,92

a : proefpersoon
b : rustmetabolisme
c : zitten
d : staan
eI : tredmolen
eII: tredmolen

eIII: tredmolen
f : zit op fiets
gI : fietsergonomie
gII : fietsergonomie
gIII: fietsergonomie

Regressievergelijkingen ($y = mx + b$) berekent volgens de methoden I t/m IV.

a \ b		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	m	0,0151	0,0270	0,0112	0,0228	0,0282	0,0198	0,0192	0,0287	0,0243	0,0222	0,0257	0,0196	0,0211
	b	-0,5029	-1,1561	-0,4171	-1,0077	-2,0302	-0,6163	-0,6928	-1,3995	-1,1549	-0,8758	-1,3967	-0,3579	-0,9891
	r	0,9943	0,9999	0,9993	1,0000	0,9873	0,9990	0,9999	0,9976	0,9978	0,9958	0,9994	0,9988	0,9991
II	m	0,0199	0,0286	0,0160	0,0267	0,0172	0,0191	0,0177	0,0470	0,0205	0,0329	0,0253	0,0212	0,0221
	b	-1,1282	-1,2745	-1,0633	-1,5346	-0,8033	-0,6328	-0,6939	-3,6515	-0,9520	-2,3682	-1,4544	-0,6480	-1,1721
	r	0,9981	0,9997	0,9998	0,9989	0,9978	0,9999	0,9959	0,9844	0,9997	0,9961	0,9937	0,9997	1,0001
III	m	0,0198	0,0296	0,0138	0,0257	0,0252	0,0264	0,0242	0,0304	0,0247	0,0284	0,0295	0,0271	0,0271
	b	-1,1279	-1,4749	-0,8082	-1,4161	-1,6815	-1,3979	-1,3156	-1,7245	-1,2104	-1,6717	-1,9418	-1,1716	-1,7501
	r	0,9856	0,9895	0,9713	0,9831	0,9779	0,9776	0,9600	0,9449	0,9938	0,9605	0,9481	0,9842	0,9601
IV	m	0,0203	0,0307	0,0150	0,0258	0,0204	0,0239	0,0206	0,0301	0,0205	0,0253	0,0277	0,0256	0,0241
	b	-1,1965	-1,5476	-0,9196	-1,4472	-1,2983	-1,2648	-1,1037	-1,7267	-0,9580	-1,4920	-1,8188	-1,1315	-1,5431
	r	0,9964	0,9929	0,9879	0,9884	0,9912	0,9911	0,9829	0,9452	0,9955	0,9713	0,9515	0,9971	0,9821

x = hartfrequentie (min.⁻¹)

y = $\dot{V}O_2$ (L/min.)

r = correlatie coëfficiënt

a: methode

b: proefpersoon

Resultaten 5-uursmeting blok 1 en 2. Hf (min. ⁻¹), $\dot{V}O_2$ (L/min.) en tijd (min.)

proef- per- soon		Activiteit							
		A	B	C	D	E	F	G	H
1	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	96,6 0,34 22	119,5 1,16 15	132,6 1,33 17	93,9 0,35 18	75,5 0,33 22	94,3 1,01 23	96,9 0,98 15	75,3 0,34 20
2	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	70,2 0,37 26	97,7 1,46 17	100,8 1,42 14	73,9 0,41 18	64,5 0,35 22	78,1 0,89 18	84,7 1,21 20	76,8 0,47 20
3	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	98,2 0,26 22	124,2 0,90 18	142,8 1,13 14	98,1 0,31 18	79 0,25 22	111,7 0,84 25	110,8 0,66 15	81,8 0,29 20
4	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	81,9 0,36 21	110,4 1,61 16	104,9 1,43 15	75,0 0,53 16	68,9 0,36 22	85,2 0,97 25	95,1 1,26 16	76,9 0,41 20
5	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	100,7 0,37 22	123,1 1,19 17	141,3 1,52 15	100,1 0,42 18	86,3 0,31 24	116,3 1,08 25	118,4 1,05 15	109,1 0,45 19
6	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	80,2 0,34 22	95,9 1,08 18	109,0 1,38 18	72,6 0,37 15	62,9 0,34 23	74,2 0,71 26	88,0 1,03 15	73,6 0,41 14
7	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	87,2 0,33 23	92,1 0,85 10	104,8 1,25 17	72,9 0,33 21	59,3 0,28 23	78,1 0,68 26	88,7 0,99 15	88,0 0,37 18
8	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	86,4 0,43 22	98,6 1,49 15	103,8 1,56 22	69,9 0,49 19	59,9 0,43 24	87,0 1,24 27	92,7 1,40 15	83,2 0,47 18
9	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	91,5 0,37 23	108,3 1,19 16	119,5 1,22 15	88,1 0,38 26	74,8 0,34 23	88,7 0,71 25	100,7 1,16 15	87,1 0,42 19
10	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	76,0 0,41 26	87,0 0,86 17	103,7 1,38 21	66,7 0,39 18	64,0 0,36 21	96,3 1,21 20	91,9 1,02 17	80,1 0,45 16
11	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	91,5 0,37 22	96,7 0,91 17	109,1 1,28 16	77,6 0,36 18	70,0 0,36 23	99,2 1,22 24	104,2 1,21 16	95,6 0,41 20
12	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	67,4 0,31 27	71,0 0,70 16	91,8 1,23 15	62,9 0,34 20	56,5 0,29 23	68,6 0,80 31	78,9 1,10 15	70,1 0,36 18
3	Hf $\dot{V}O_2$ tijd	99,2 0,41 23	106,1 1,01 17	120,4 1,27 16	84,7 0,43 17	76,2 0,35 20	95,2 0,78 28	111,6 1,37 14	97,4 0,46 20

Resultaten 5-uursmeting blok 3 en 4.

roef- er- oon		Activiteit						
		I	J	K	L	M	N	O
1	Hf Vo ₂ tijd	95,5 0,41 22	122,9 1,27 22	105,0 0,73 24	81,5 0,33 20	78,4 0,31 24	148,7 2,02 18	130,5 1,11 16
2	Hf Vo ₂ tijd	75,1 0,44 22	99,8 1,61 21	89,5 0,91 25	70,9 0,38 17	63,7 0,36 22	106,2 1,84 22	93,9 1,28 16
3	Hf Vo ₂ tijd	109,6 0,32 21	139,0 1,08 22	140,4 . . .	103,3 0,31 10	82,4 0,29 23	152,4 1,41 19	135,0 0,89 15
4	Hf Vo ₂ tijd	74,8 0,38 21	117,8 1,73 21	97,0 1,05 28	76,8 0,39 10	67,4 0,35 21	112,7 1,80 21	105,4 1,33 13
5	Hf Vo ₂ tijd	104,1 0,41 22	139,9 1,63 16	131,9 1,23 27	95,1 0,38 18	88,2 0,33 22	139,9 1,58 19	125,5 1,09 15
6	Hf Vo ₂ tijd	84,4 0,35 21	108,9 1,38 17	95,7 0,89 29	74,9 0,36 18	66,5 0,33 18	116,1 1,64 16	109,5 1,27 14
7	Hf Vo ₂ tijd	94,7 0,36 22	110,1 1,35 21	99,4 0,87 24	74,8 0,34 18	61,5 0,28 22	110,0 1,53 22	104,5 1,11 14
8	Hf Vo ₂ tijd	86,9 0,47 21	119,5 1,87 19	100,6 1,35 25	70,5 0,48 17	65,5 0,46 22	114,4 1,89 20	109,0 1,60 14
9	Hf Vo ₂ tijd	81,3 0,38 22	116,8 1,55 20	94,0 0,75 26	64,5 0,33 15	68,0 0,32 25	116,3 1,41 18	107,1 1,22 16
10	Hf Vo ₂ tijd	106,9 0,52 22	126,5 1,66 16	119,5 1,27 25	87,5 0,47 15	83,0 0,42 18	122,4 1,61 15	120,6 1,40 15
11	Hf Vo ₂ tijd	98,3 0,44 23	119,6 1,59 18	116,8 1,31 26	81,9 0,37 20	74,5 0,38 22	112,9 1,50 20	109,6 1,31 16
12	Hf Vo ₂ tijd	72,2 0,34 22	104,7 1,45 21	92,8 0,98 26	66,7 0,34 21	61,0 0,31 24	106,3 1,53 21	99,1 1,28 15
13	Hf Vo ₂ tijd	100,6 0,43 23	138,0 1,70 19	120,9 0,88 26	86,2 0,41 17	83,2 0,39 22	121,2 1,33 25	112,5 1,13 13

Tijd (min.) en gemiddelde hartfrequentie (min.⁻¹) per frequentieniveau bij de 5-uursmeting

a*		Frequentieniveau								
		30 - < 50	50 - < 60	60 - < 70	70 - < 80	80 - < 90	90 - < 100	100 - < 125	125 - < 150	150 - < 177
1	tijd Hf	- blanco	- blanco	- blanco	70 74,8	30 85,1	80 95,8	48 111,5	48 132,7	10 161,2
2	tijd Hf	- blanco	- blanco	64 65,4	98 73,9	40 84,7	38 93,8	60 104,7	- blanco	- blanco
3	tijd Hf	- blanco	- blanco	- blanco	22 76,3	46 82,5	36 95,4	82 109,4	72 138,1	14 157,7
4	tijd Hf	- blanco	- blanco	40 67,6	74 74,5	42 83,7	44 94,9	80 111,4	6 126,3	- blanco
5	tijd Hf	- blanco	- blanco	- blanco	- blanco	40 85,9	46 94,0	120 112,7	74 135,6	16 151,5
6	tijd Hf	- blanco	- blanco	56 65,5	72 74,2	44 84,6	50 94,3	60 111,0	6 127,7	- blanco
7	tijd Hf	- blanco	22 57,7	34 63,8	42 74,0	60 86,1	64 93,4	84 107,5	2 125,0	- blanco
8	tijd Hf	- blanco	10 56,0	58 64,7	18 75,0	76 85,5	48 94,5	82 109,1	10 126,6	- blanco
9	tijd Hf	- blanco	- blanco	28 63,9	30 73,8	88 84,5	60 92,9	96 113,3	- blanco	- blanco
10	tijd Hf	- blanco	2 57,0	36 64,9	36 76,2	64 84,4	26 93,6	84 109,3	36 127,6	- blanco
11	tijd Hf	- blanco	- blanco	10 66,8	60 73,8	28 83,1	58 94,7	146 107,4	4 125,5	- blanco
12	tijd Hf	- blanco	38 57,0	100 64,2	78 73,2	16 85,1	54 94,4	36 114,3	- blanco	- blanco
13	tijd Hf	- blanco	- blanco	- blanco	26 76,7	46 83,8	46 95,1	150 111,1	30 135,7	- blanco

a* : proefpersonen

De tijd (min.) per frequentieniveau bij de 24-uursmeting.

a*	frequentieniveau								
	30 - < 50	50 - < 60	60 - < 70	70 - < 80	80 - < 90	90 - < 100	100 - < 125	125 - < 150	150 - < 177
1	4	42	456	288	256	188	120	68	22
2	332	142	386	344	124	54	64	-	-
3	2	8	378	268	260	162	208	134	24
4	4	360	326	278	182	140	152	14	-
5	2	-	106	158	232	412	388	134	16
6	2	310	450	284	216	96	94	6	-
7	102	390	158	204	196	150	188	40	36
8	4	452	366	184	178	124	132	16	-
9	162	236	152	212	272	136	108	-	-
10	-	154	280	118	306	256	248	58	4
11	4	206	314	198	258	184	274	4	-
12	28	536	324	330	108	84	44	-	-
13	*	.	.	.	.	.	.	.	.

* meting mislukt.

a *: proefpersoon.

Energieverbruik (kcal./min.) volgens de vergelijkingsmethoden

proef- per- soon	5-uursmeting	24-uursmeting	
	(A)	(B)	(C)
1	3,77	2,10	2,31
2	4,26	2,40	1,62
3	3,09	1,74	1,62
4	4,51	2,34	2,26
5	4,12	2,49	2,01
6	3,77	2,09	1,40
7	3,43	2,20	2,30
8	5,00	2,42	3,22
9	3,60	2,01	1,19
10	4,29	2,52	1,75
11	4,17	2,26	1,60
12	3,56	2,07	1,44
13	3,92	(2,15)*	(1,73)*

* niet gebruikt in de verdere berekeningen.

A: bepaling door kontinu-zuurstofgebruik te meten.

B: gedurende de 5-uursmeting zie A en de resterende 19 uur d.m.v. het bijhouden van de activiteitenlijst.

C: via de voedingsanamnese.

Afwijkingspercentages van de berekeningsmethoden I t/m VIII (zie 3.4) t.o.v. de continue zuurstofmeting bij de berekende energiehoeveelheid voor de periode van 5 uur.

proef- persoon	b e r e k e n i n g s m e t h o d e							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	+ 34,0	+ 15,6	+ 14,3	+ 11,7	- 5,0	- 5,0	+ 17,0	+ 10,9
2	+ 23,0	+ 24,2	+ 10,3	+ 12,7	- 2,1	-	- 14,1	- 12,2
3	+ 30,1	+ 12,6	+ 14,2	+ 17,5	+ 8,7	+ 6,8	+ 17,2	+ 16,5
4	+ 13,1	- 6,7	- 3,3	- 5,5	- 12,0	- 18,6	- 12,0	- 18,6
5	+ 39,1	+ 36,9	+ 40,3	+ 21,4	+ 25,5	+ 21,4	+ 33,0	+ 29,9
6	+ 43,0	+ 32,6	+ 15,6	+ 4,0	+ 11,9	+ 6,9	- 3,2	- 6,9
7	+ 41,4	+ 21,6	+ 12,5	-	+ 27,1	+ 2,9	+ 8,5	- 7,9
8	+ 13,6	- 47,0	- 4,0	- 6,0	- 10,6	- 25,6	- 10,6	- 25,6
9	+ 48,3	+ 28,1	+ 45,6	+ 26,7	+ 21,1	+ 6,7	+ 6,7	+ 6,7
10	+ 40,6	- 14,2	+ 16,6	+ 4,0	+ 10,7	- 6,3	+ 6,3	- 6,3
11	+ 28,1	+ 16,3	+ 7,0	+ 1,0	- 2,4	- 8,6	+ 13,7	+ 4,6
12	+ 58,4	+ 35,7	+ 25,8	+ 15,4	+ 22,8	+ 10,4	- 10,4	- 16,6
13	+ 57,4	+ 38,8	+ 41,3	+ 27,6	+ 30,9	+ 21,2	+ 44,6	+ 32,4
gem.	+ 36,2	+ 15,0	+ 18,2	+ 10,0	+ 9,7	+ 0,9	+ 7,4	+ 0,5
S.D.	\pm 14,5	\pm 24,6	\pm 15,9	\pm 11,4	\pm 15,0	\pm 13,8	\pm 17,9	\pm 18,2

Afwijkingspercentages van de berekeningsmethoden I t/m VII (zie 3.4) t.o.v. de contrôlemethode (activiteitenlijst/zuurstofmeting) bij de berekende energiehoeveelheid voor de periode van 24 uur.

proef- persoon	b e r e k e n i n g s m e t h o d e							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	+ 71,9	+ 18,1	+ 16,2	+ 9,5	+ 11,0	+ 11,0	+ 28,5	+ 23,3
2	+ 20,4	+ 17,5	- 10,0	- 10,4	+ 3,8	- 5,0	- 10,4	- 9,6
3	+ 60,9	- 1,7	+ 15,5	+ 13,8	+ 16,7	+ 15,5	+ 29,3	+ 22,4
4	+ 45,3	- 4,3	+ 5,1	-	+ 10,7	+ 4,7	+ 10,7	+ 4,7
5	+ 43,8	+ 73,1	+ 54,6	+ 37,3	+ 67,5	+ 61,4	+ 90,0	+ 87,1
6	+ 90,4	+ 75,1	+ 19,1	+ 7,2	+ 29,2	+ 24,4	+ 2,4	-
7	+ 77,3	+ 50,9	+ 24,5	+ 9,5	+ 45,0	+ 24,1	+ 25,5	+ 13,2
8	+ 36,8	-151,2	- 4,1	- 9,1	+ 7,4	+ 1,2	+ 7,4	+ 1,2
9	+ 48,8	+ 30,8	+ 42,3	+ 29,4	+ 27,9	+ 19,4	+ 27,9	+ 19,4
10	+ 95,6	- 17,9	+ 43,3	+ 27,0	+ 48,8	+ 20,2	+ 48,8	+ 20,2
11	+ 47,3	+ 27,9	- 4,4	+ 9,3	+ 18,1	+ 14,6	+ 37,6	+ 30,1
12	+122,2	+ 78,7	+ 47,3	+ 33,3	+ 51,7	+ 38,2	- 9,7	- 11,6
13	.	.	.	.	.	.	.	.
gem.	+ 63,4	+ 16,4	+ 20,8	+ 13,1	+ 28,2	+ 20,0	+ 24,0	+ 16,7
S.D.	+ 30,0	+ 61,9	+ 22,0	+ 15,8	+ 20,6	+ 16,6	+ 27,7	+ 25,9

Afwijkingspercentages van de berekeningsmethoden I t/m VIII (zie 3.4) t.o.v. de vergelijkingsmethode (voedingsanammese) bij de berekende energiehoeveelheid voor de periode van 24 uur.

proef- persoon	b e r e k e n i n g s m e t h o d e							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	+ 56,3	+ 7,4	+ 5,6	-	+ 1,3	+ 1,3	+ 16,9	+ 12,1
2	+ 78,4	+ 74,1	+ 33,3	+ 32,7	+ 53,7	+ 55,6	+ 32,7	+ 34,0
3	+ 72,8	+ 5,6	+ 24,1	+ 22,2	+ 25,3	+ 24,1	+ 38,9	+ 31,5
4	+ 50,4	-	+ 8,8	+ 3,5	+ 14,6	+ 8,4	+ 14,6	+ 8,4
5	+ 78,1	+114,4	+ 91,5	+ 70,1	+107,5	+100,0	+135,3	+131,8
6	+184,3	+161,4	+ 77,9	+ 61,4	+ 92,9	+ 85,7	+ 52,9	+ 49,3
7	+ 69,6	+ 44,3	+ 19,1	+ 4,8	+ 38,7	+ 18,7	+ 20,0	+ 8,3
8	+ 2,8	-138,5	- 28,0	- 31,7	- 19,3	- 23,9	- 19,3	- 23,9
9	+151,3	+121,0	+140,3	+118,5	+116,0	+101,7	+116,0	+101,7
10	+181,7	+182,9	+106,3	+ 82,9	+114,3	+ 73,1	+114,3	+ 73,1
11	+108,1	+ 80,6	+ 35,0	+ 28,1	+ 66,9	+ 61,9	+ 94,4	+ 83,8
12	+219,4	+156,9	+111,8	+ 91,7	+118,1	+ 98,6	+ 29,9	+ 27,1
13	.	.	.	.	.	.	.	.
gem.	+104,4	+ 67,5	+ 52,1	+ 40,4	+ 60,8	+ 50,4	+ 53,9	+ 44,8
S.D.	+ 65,3	+ 90,6	+ 51,8	+ 44,6	+ 48,9	+ 43,4	+ 49,0	+ 44,9

5-uursmeting (n = 13).

Energieverbruik uit de hartfrequentie volgens 8 methoden berekend (zie 3.4), vergeleken (t-toets gepaarde waarnemingen) met het energieverbruik, dat bepaald is door continue zuurstofmeting (zie 3.3.2.).

methode	energieverbruik (kcal./min.)		r	p	afwijkingspercentage t.o.v. O ₂ -meting	
	gem.	S.D.			gem.	S.D.
O ₂ - meting	3,96	0,50	blanco	blanco	blanco	blanco
I	5,35	0,55	0,53	+++	+ 36,2	+ 14,5
II	4,48	0,85	-0,21	ns	+ 15,0	+ 24,6
III	4,65	0,63	0,41	++	+ 18,2	+ 15,9
IV	4,33	0,49	0,60	+	+ 10,0	+ 11,4
V	4,31	0,52	0,33	ns	+ 9,7	+ 15,0
VI	3,96	0,48	0,25	ns	+ 0,9	+ 13,8
VII	4,28	0,75	0,35	ns	+ 7,4	+ 17,9
VIII	3,95	0,70	0,24	ns	+ 0,5	+ 18,2

+++ P < 0,001

++ P < 0,010

+ P < 0,050

ns niet significant

24-uursmeting (n = 12)*

Energieverbruik uit de hartfrequentie volgens 8 methoden berekend (zie 3.4), vergeleken (t-toets gepaarde waarnemingen) met het energieverbruik, dat bepaald is m.b.v. de activiteitenlijst/zuurstofmeting (zie 3.3.3).

methode	energieverbruik (kcal./min.)		r	p	afwijgingspercentage t.o.v. act.lijst/O ₂ -meting	
	gem.	S.D.			gem.	S.D.
act.lijst/ O ₂ -meting	2,22	0,23	blanco	blanco	blanco	blanco
I	3,61	0,65	0,29	+++	+ 63,4	+ 30,0
II**	2,55	1,41	-0,10	ns	+ 16,4	+ 61,9
III	2,68	0,58	0,45	+	+ 20,8	+ 22,0
IV	2,47	0,45	0,48	+	+ 13,1	+ 15,8
V	2,85	0,61	0,62	++	+ 28,2	+ 20,6
VI	2,67	0,50	0,61	++	+ 20,0	+ 16,6
VII	2,77	0,79	0,59	+	+ 24,0	+ 27,7
VIII	2,60	0,73	0,55	ns	+ 16,7	+ 25,9

* Bij 1 proefpersoon is de 24-uurs-hartfrequentiemeting mislukt.

** Bevat door de gebruikte berekeningsmethode 1 negatieve waarde voor het energieverbruik.

+++ P < 0,001

++ P < 0,010

+ P < 0,050

ns niet significant

24-uursmeting (n = 12)*

Energieverbruik uit de hartfrequentie volgens 8 methoden berekend (zie 3.4) en de activiteitenlijst/O₂-meting combinatie (zie 3.3.3) vergeleken (t-toets gepaarde waarnemingen) met de energie-opname (voedingsanamnese, zie 3.3.3).

methode	energieverbruik (kcal./min.)		r	p	afwijgingspercentage t.o.v. voedingsanamnese	
	gem.	S.D.			gem.	S.D.
voedings- anamnese	1,89	0,56	blanco	blanco	blanco	blanco
I	3,61	0,65	- 0,06	+++	+104,4	+ 65,3
II**	2,55	1,41	- 0,65	ns	+ 67,5	+ 90,6
III	2,68	0,58	- 0,10	++	+ 52,1	+ 51,8
IV	2,47	0,45	- 0,10	+	+ 40,4	+ 44,6
V	2,85	0,61	+ 0,01	++	+ 60,8	+ 48,9
VI	2,67	0,50	-	++	+ 50,4	+ 43,4
VII	2,77	0,79	+ 0,18	++	+ 53,9	+ 49,0
VIII	2,60	0,73	+ 0,17	+	+ 44,8	+ 44,9
act.lijst/ O ₂ -meting	2,22	0,23	+ 0,42	+	+ 23,0	+ 28,2

* zie bijlage 19

** zie bijlage 19

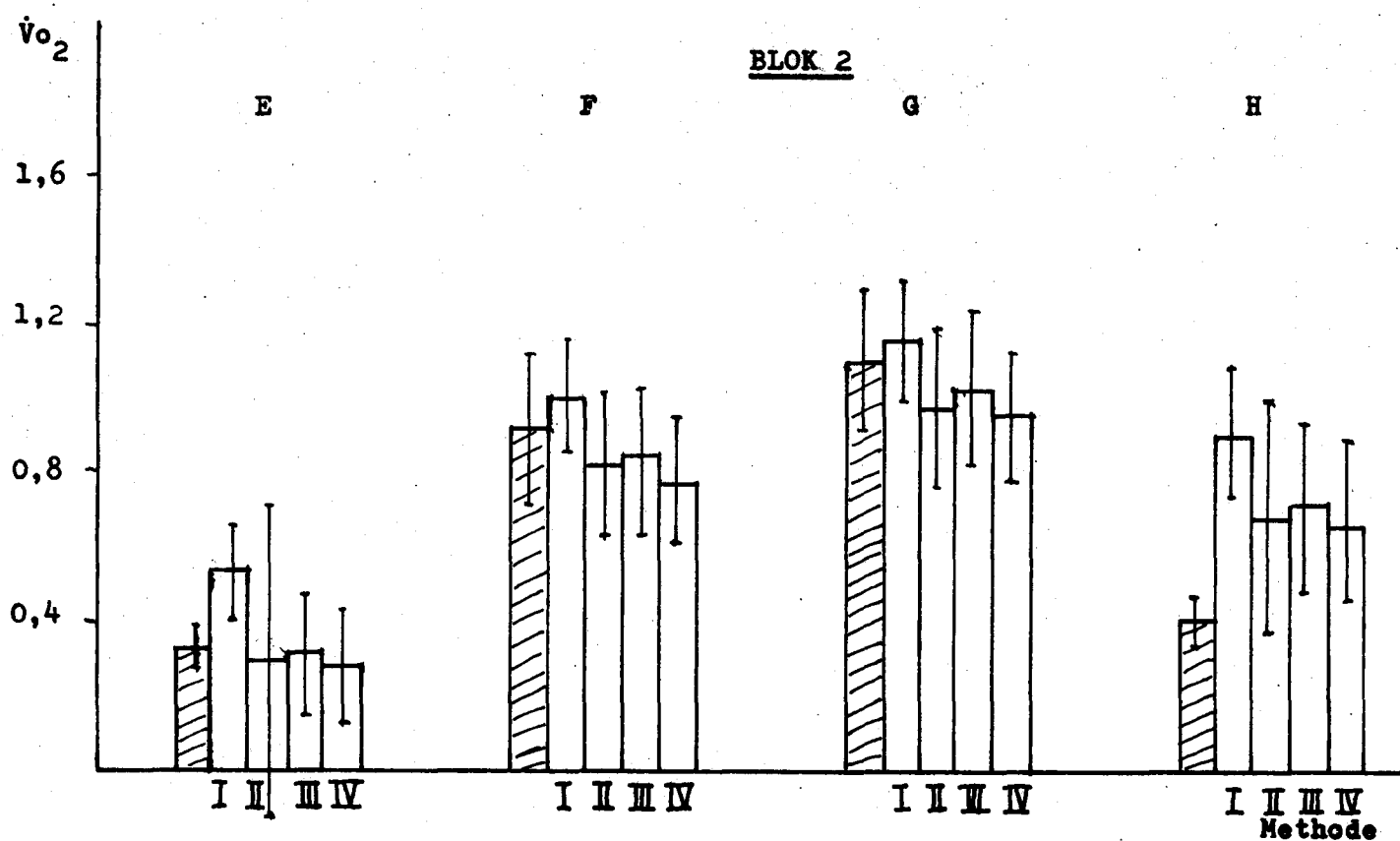
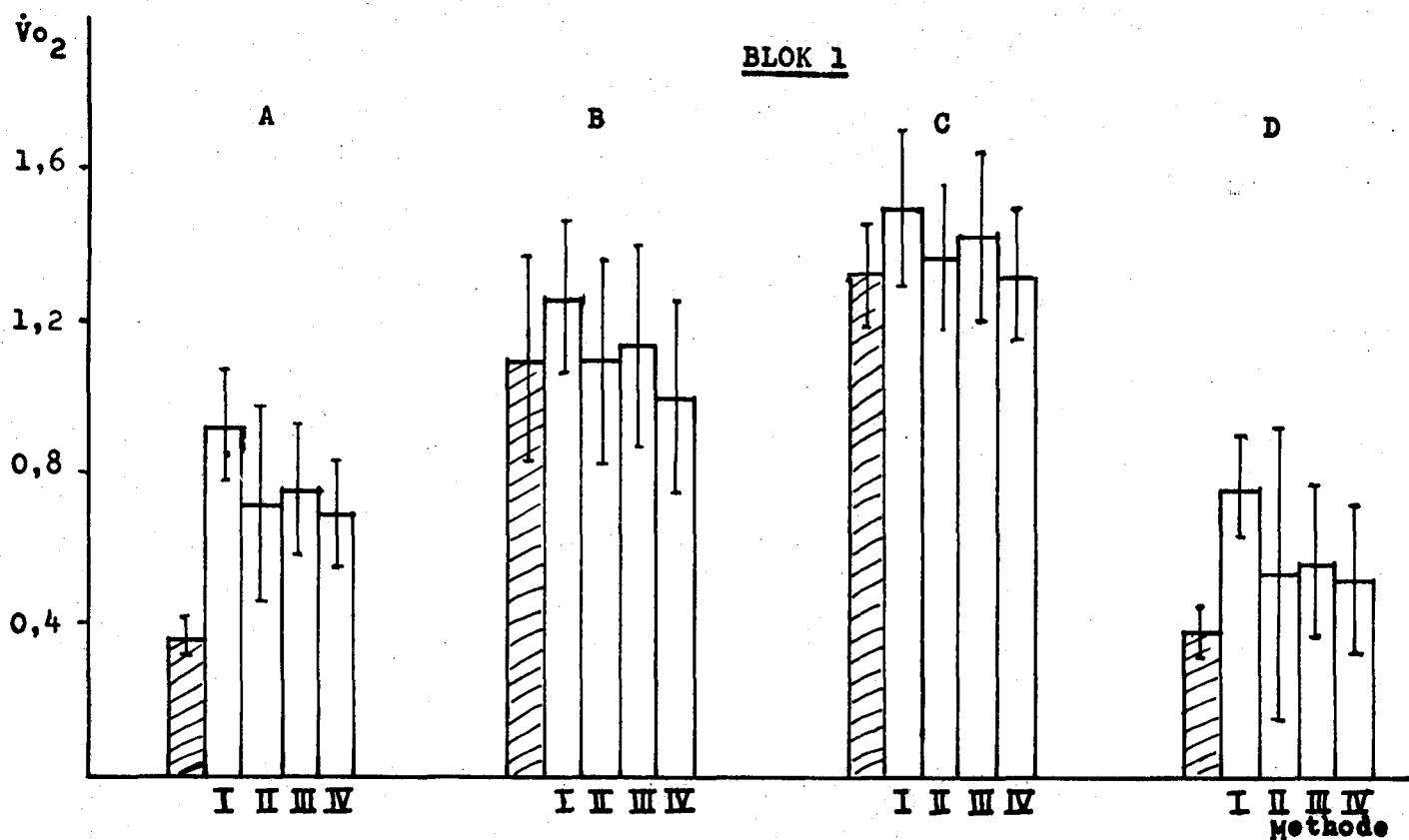
+++ P < 0,001

++ P < 0,010

+ P < 0,050

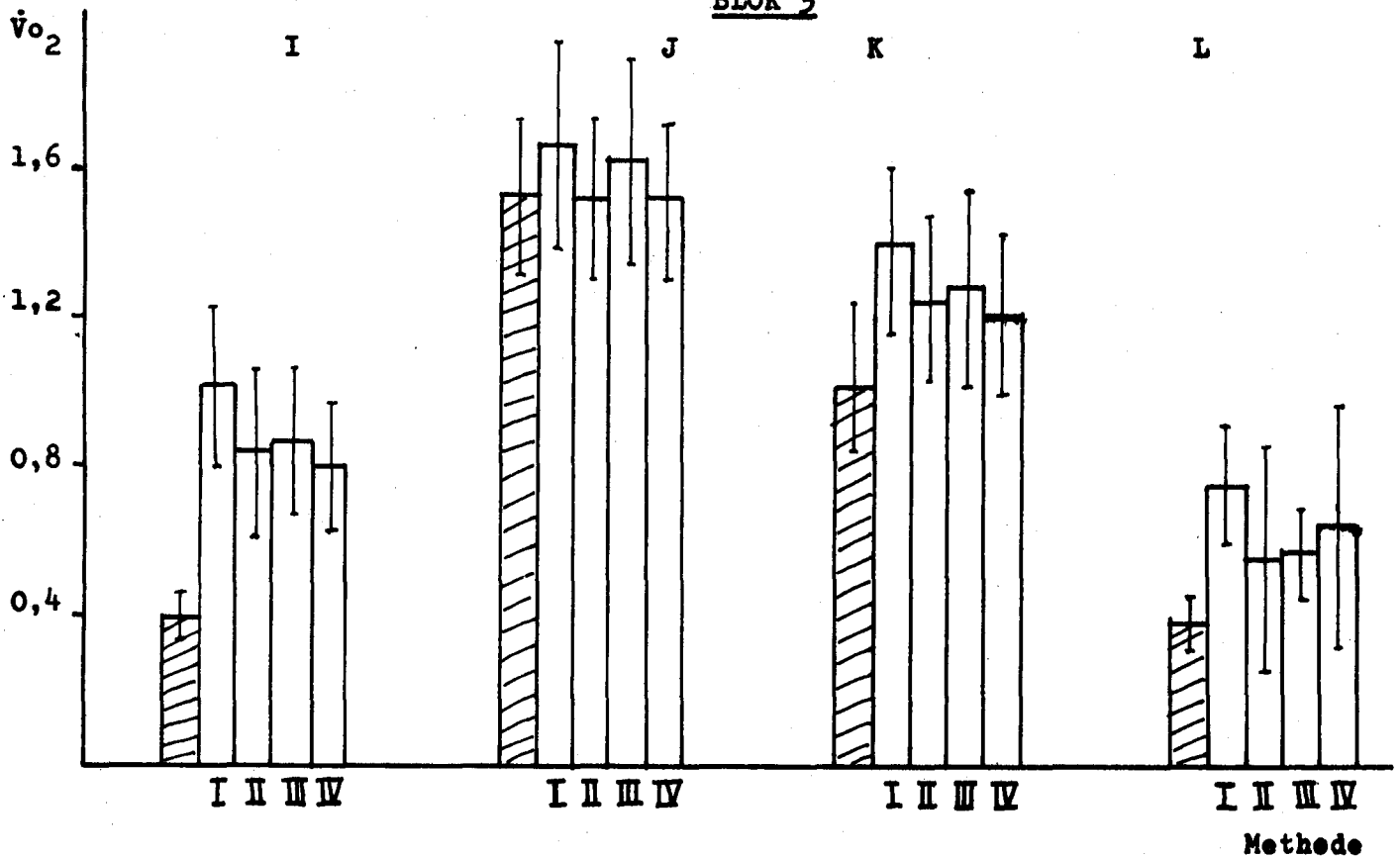
ns niet significant

Gemiddeld zuurstofverbruik (L/Min) tijdens de verschillende activiteiten bij de 5-uursmeting (blok 1 en 2) volgens de controlemethode (gearceerd) en de berekeningsmethoden I t/m IV. (n=13).



Gemiddeld zuurstofverbruik (L/Min) tijdens de verschillende activiteiten bij de 5-uursmeting (blok 3 en 4) volgens de controlemethode (gearceerd) en de berekeningsmethoden I t/m IV. (n=13).

BLOK 3



BLOK 4

